

## **Contaminación de las aguas del Río Rímac: Trazas de metales**

Oscar Guillén G., Víctor Cóndor E., Mario Gonzales T. y Silvia Iglesias L.

### **I.-INTRODUCCION**

El conocimiento del medio acuático, así como las principales fuentes de contaminación, su transporte, su transferencia y bioacumulación son necesarios para una evaluación adecuada del grado de contaminación de las aguas del río Rímac y sus efectos en los recursos hidrobiológicos y en la salud humana.

Las aguas del río Rímac se encuentran contaminadas principalmente por residuos de la industria minero-metalúrgica, desechos domésticos de los centros ubicados en su orilla, desechos industriales y agrícolas.

Asimismo el creciente requerimiento de agua potable para abastecer a la población de Lima y Callao, para la agricultura y generación de energía hacen necesario realizar estudios de la calidad del agua y sus efectos en los recursos hidrobiológicos y en la salud humana.

### **II.-ANTECEDENTES**

El río Rímac ha sido estudiado por varios investigadores pero en forma aislada e incompleta. Se tiene estudios aislados realizados por DIGESA, pero sólo con fines de control de calidad de agua, por IMARPE con la finalidad de conocer el grado de contaminación de las aguas marinas, por DEFENSA CIVIL con fines de prevención y evaluación de desastres naturales; por SEDAPAL con el objeto de controlar la calidad del agua y por otras instituciones que sólo han determinado en forma aislada algunas concentraciones de algunos metales, coliformes, vibrio, etc.

OSASA (1982), entre sus conclusiones señala que la industria minera es la principal responsable de la degradación de la calidad de las aguas, debido a la descarga de las aguas de los relaves que tienen según su origen diferentes características, llevando consigo altas cantidades de materiales disueltos y en suspensión.

Guillén et al (1986. 1986a) han hallado en las aguas marinas frente a la desembocadura del Río Rímac concentraciones mayores de 30, 50, 1,5 y 100 ppb. de Cobre, Plomo, Cadmio y Zinc, respectivamente, valores muy superiores a lo establecidos en la Ley de Aguas. Así mismo en los sedimentos marinos encontraron altas concentraciones de cobre (10 a 180 ppm), Plomo (20 a 250 ppm), Cadmio (3 a 5 ppm) y de Zinc (10 a 300 ppm), procedentes de las aguas del Río Rímac.

Otros estudios han sido realizados por Guillén y Aquino (1978), Guillén et al (1978), Guillén (1981 y 1984), DIGESA (1987), Sanchez y Soldi (1988), Guillén y Cárcamo (1989), PRONAP (1995), INEI (1997), Session et al (1997), quienes han identificado al río Rímac como una de las áreas contaminadas a lo largo del litoral Peruano, debido a que sus aguas contienen los desagües domésticos e industriales, principalmente, que evacuan sus aguas sin ningún tratamiento.

### **III.-MATERIALES Y METODOS**

El área de estudio del río Rímac comprende el tramo Chosica (Puente Ricardo Palma) - desembocadura al océano Pacífico.

Se realizaron nueve monitoreo durante el período abril 1992 marzo 1993, con una duración de un día cada uno, los que fueron realizados en las siguientes fechas:

1er. MUESTREO	25 ABRIL 1992
2do. MUESTREO	24 MAYO 1992
3ero. MUESTREO	28 JUNIO 1992
4to. MUESTREO	26 JULIO 1992
5to MUESTREO	30 AGOSTO 1992
6to. MUESTREO	30 SETIEMBRE 1992
7mo. MUESTREO	21 OCTUBRE 1992
8vo. MUESTREO	20 DICIEMBRE 1992
9no. MUESTREO	30 MARZO 1993

Se seleccionaron once estaciones (Figura 1) situadas, cerca a los puentes de Centenario, Faucett, Dueñas, Ejército, Huáscar, Huachipa, Naña, Huampaní, Chosica, Santa Eulalia y Ricardo Palma; excepto los cuatro primeros muestreos en los que se tomaron muestras sólo en los puentes de Centenario, Huampaní, Ricardo Palma y Santa Eulalia. En cada estación se obtuvieron muestras de agua para análisis de cadmio, plomo, zinc y cobre.

Para los análisis de plomo, cadmio, cobre y zinc en el agua, se utilizaron un Espectrofotómetro de Absorción Atómica, modelo Perkin Elmer 460.

### **IV.-RESULTADO**

#### **4.1. DISTRIBUCIÓN Y VARIACIÓN ESTACIONAL DEL PLOMO, CADMIO, ZINC Y COBRE A LO LARGO DEL TRAMO PUENTE CENTENARIO-PUENTE RICARDO PALMA**

La variación estacional del plomo, cadmio, zinc y cobre a lo largo del tramo de estudio Puente Centenario Puente Ricardo Palma son dados en las figuras 2 al 5.

La variación estacional del plomo, cadmio, zinc y cobre presentan sus valores mayores en el verano y los menores en el invierno. En el tramo de estudio se

observa dos áreas bien marcadas, una entre los kilómetros 1.5 y 14.9 (Puente Centenario - Puente Huáscar) y la otra entre los kilómetros 27.9 a 57.3 (Puente Huachipa - Puente Ricardo Palma), hallándose las mayores concentraciones de plomo (Figura 2) y cadmio (Figura 3) en la primera. En el verano no se observa bien éstas áreas, correspondiendo el mínimo valor a la estación de Santa Eulalia y el máximo a la estación de Ricardo Palma.

La variación estacional del cobre (Figura 5) es algo irregular mostrando en general los mayores concentraciones en el tramo Puente Centenario - Puente Huáscar, excepto en el verano. En el tramo Puente Huáscar a Puente Ricardo Palma no presenta grandes cambios, pero si son más bajos que la primera área.

En cambio la variación del zinc (Figura 4) es irregular a través de las estaciones ubicadas en el tramo de estudio. En el verano se observa un decrecimiento desde Puente Ricardo Palma a Puente Centenario, excepto el Río Santa Eulalia. En el invierno se observa las mayores concentraciones en el área Puente Centenario a Puente Huáscar. Los menores valores observados en el kilómetro 56.9 corresponden al Puente Santa Eulalia.

## **4.2. VARIACION ESTACIONAL DEL PLOMO, CADMIO, ZINC Y COBRE EN ESTACIONES SELECCIONADAS**

Para el estudio de la variación estacional (Figuras 6 al 9) se ha seleccionado como representativos los siguientes: Puente Ricardo Palma, Puente Huachipa y Puente Centenario. También se ha considerado a la estación situada en el Puente Santa Eulalia para hallar el grado su influencia en la contaminación del Río Rímac.

En general la distribución del plomo, cadmio, cobre y zinc fueron similares mostrando cambios estacionales, correspondiendo las menores concentraciones a la estación de Santa Eulalia. Con excepción del zinc las mayores concentraciones de plomo, cadmio y cobre (Figura 6,7 y 9) se presentaron en la estación Centenario. En el verano se hallaron las mayores concentraciones de plomo, cadmio, zinc y cobre en la estación de Puente Ricardo Palma. En la estación de Centenario se observó las máximas concentraciones de Zinc (Figura 8) en Primavera.

## **4.3. VARIACIONES MENSUALES**

### **4.3.1. VARIACIÓN MENSUAL ABRIL 1992 - MARZO 1993**

Las figuras 10 al 13 presentan las variaciones mensuales del plomo y cadmio en las estaciones de los Puentes Centenario, Ricardo Palma, Huachipa y Santa Eulalia. La variación mensual en las estaciones de Ricardo Palma y Huachipa son bastantes similares tanto para el plomo (Figura 10) como para el cadmio (Figura 1), observándose las máximas concentraciones en los meses de verano. Los mínimos valores de Cadmio fueron hallados en el período abril a octubre donde las variaciones de las concentraciones son pequeñas en comparación a los meses

de primavera y verano. Los menores valores de plomo fueron encontrados en la estación de Ricardo Palma el período de mayo a octubre y en la estación de Huachipa en los meses de agosto a octubre con pequeñas variaciones en ambas estaciones.

En la estación de Centenario (Figura 10) la variación mensual fue algo diferente en relación a las estaciones de Ricardo Palma y Huachipa, mostrando los mayores valores de plomo en abril y la mínima en agosto para luego aumentar moderadamente en los meses siguientes. En cambio el cadmio mostró su menor valor en mayo y su máximo en marzo observándose un marcado aumento de mayo a agosto que se mantuvo hasta diciembre, incrementando hasta marzo. La variación mensual en la estación de Santa Eulalia fue mínima tanto para el plomo como para el cadmio en la mayor parte del año.

#### **4.3.2. VARIACIONES DE LOS PROMEDIOS MENSUALES 1982-93**

Los valores promedios de plomo, cadmio, zinc y cobre de las estaciones de Ricardo Palma, Huachipa y Bocatoma se dan en las figuras 14 al 17 para el período de 1982-1983 (SEDAPAL, 1993), presentando variaciones mensuales, observándose que tanto la mínima como la máxima concentración no ocurren en el mismo mes. El 67% de los mínimos valores ocurren setiembre mientras los máximos valores se presentan en diferentes meses, así por ejemplo el máximo valor de cadmio fue hallado en Julio (0.180 ppm.) en la estación de Ricardo Palma, mientras que los máximos valores de plomo se encontraron en Noviembre (1.664 ppm) en la estación de Huachipa y en Enero (0.519 ppm) en la estación de Bocatoma. También se observa una variación bastante similar entre las estaciones de Huachipa y Bocatoma, excepto en Noviembre y Marzo donde se halla una gran diferencia en la concentración del plomo y cadmio, respectivamente.

La distribución del zinc (Figura 16) mostró una mayor variación mensual hallándose los menores valores en setiembre y los máximos en junio, excepto en la estación de Ricardo Palma donde la máxima concentración se halló en febrero. La variación promedio del cobre (Figura 17) en las estaciones de Ricardo Palma, Huachipa y Bocatoma fueron bastante similares, presentando en las estaciones de Ricardo Palma y Huachipa, las mayores concentraciones en octubre y las menores en Marzo, mientras que en la estación de Bocatoma el máximo correspondió a Junio y el mínimo a Setiembre.

Los promedios anuales en las estaciones de Ricardo Palma, Huachipa y Bocatoma fueron: Plomo de 0.388 (0.088 - 0.832) ppm, 0.443 (0.105 - 1.660) ppm y 0.276 (0.111 - 0.519) ppm, respectivamente, Cadmio de 0.104 (0.074 - 0.180) ppm, 0.089 (0.006 - 0.091) ppm y 0.105 (0.051 - 0.131) ppm, respectivamente, Cobre de 0.678 (0.101 - 4.491) ppm, 0.382 (0.095 - 0.887) ppm y 0.359 (0.110 - 1.298) ppm, respectivamente, y Zinc de 1.953 (0.429 - 4.210) ppm, 1.361 (0.431 - 2.482) ppm y el 1.218 (0.441 - 2.201) ppm, respectivamente.

Los promedios anuales mostraron una disminución de las concentraciones del zinc y cobre de la estación de Ricardo Palma hacia la estación de Bocatoma. En cambio los promedios anuales de plomo presentan un aumento de la estación de Ricardo Palma hacia la estación de Huachipa y luego una fuerte disminución a la estación de Bocatoma. El promedio anual de cadmio fue diferente disminuyó de la estación de Ricardo Palma a la estación de Huachipa y luego nuevamente aumentó en la estación de Bocatoma.

## **V.-DISCUSION**

La distribución del Plomo, Cadmio, Zinc y Cobre en las aguas del Río Rímac en las estaciones ubicadas en el tramo de estudio Puente Centenario - Puente Ricardo Palma, presentaron variaciones tanto estacionales como mensuales.

Los promedios anuales para el período 1982-93 (SEDAPAL, 1.993) de Plomo y Cadmio para las mencionadas estaciones se hallaron sobre los niveles permisibles (0.050 y 0.010 ppm, respectivamente) con una concentración promedio de plomo de 0.37 ppm. y de cadmio de 0.10 ppm, en cambio los concentraciones promedios de zinc y cobre se hallaron por debajo de los niveles permisibles de la Ley General de Aguas.

El promedio anual 1992-93 para el tramo de estudio de Cd, Pb, Zn y Cu fue de 0.08, 0.11, 4.68 y 0.86 ppm, respectivamente, hallándose valores de Plomo y Cadmio por encima de lo permisible por la Ley General de Aguas. El área de mayor contaminación se halló entre Puente Huáscar y Puente Centenario (1,5 a 15km.) con valores promedios anuales de 0. 14 ppm. de plomo y 0. 10 ppm. de cadmio, que hacen más del 64% de la contaminación del tramo de estudio. Las mínimas concentraciones correspondieron a las aguas del río Santa Eulalia que no sobrepasaron los límites permisibles, con valores promedio anuales de 0.01, 0.04, 2.32 y 0.35 ppm. de cadmio, plomo, zinc y cobre, respectivamente. Las mayores concentraciones promedios se hallaron en el Puente Dueñas (0.15, 0.17, 6.81 y 1.29 ppm de cadmio, plomo, zinc y cobre, respectivamente), encontrándose los dos primeros por encima de los niveles permisibles.

En la estación de Ricardo Palma, el 40% y 50% de las muestras exceden el límite permisible de plomo (0.050 ppm) y cadmio (0.01 ppm.). Asimismo el 44% y 20% de las muestras sobrepasaron el límite permisible de zinc Y cobre. En la estación de Huachipa el 56% las muestras se hallaron por encima del límite permisible de plomo, cadmio, mientras que en la estación en de Centenario el 90% de las muestras excedieron el límite permisible de plomo y cadmio dado por la Ley General de Aguas. El plomo y cadmio mostraron variaciones estacionales (Figuras 6 y 7) en el tramo de estudio, observándose una mayor concentración durante el verano, proveniente de las aguas arriba del Puente de Ricardo Palma con valores promedios de 0. 19 ppm. de cadmio, más de 4 veces de lo observado en el invierno, mientras que la concentración promedio del plomo fue de 0.20 ppm. En el verano más de 3 veces de lo encontrado en el invierno.

Asimismo la distribución de las concentraciones de plomo, cadmio, zinc y cobre (Figuras 10 al 13) presentan variaciones mensuales, cuyos valores promedios máximos y mínimos no corresponden a los mismos meses en la mayoría de las estaciones situadas en el tramo de estudio. Todos estos cambios obedecen en parte a las fluctuaciones del régimen hidrológico que consiste de un periodo de avenidas y uno de estiaje así como a la variación de los volúmenes y tipos de vertimientos.

Por otro lado, DIGESA (1987) halló valores en los rangos de: 0.000 a 0.045 ppm. de Cadmio, 0.000 a 0.775 ppm. de plomo, 0.000 a 0.650 ppm. de cobre y de 0.040 a 26.000 ppm. de zinc. INEI (1994) presentó valores promedios correspondientes al Monitoreo del río Rímac (1992): 1.176, 0.055 y 0.179 ppm. de plomo, cadmio y arsénico superiores a los límites permisibles. PRONAP (1995) señala que la mayor contaminación de las aguas del río Rímac se debe a los metales: plomo, cadmio, zinc, cobre y fierro. INRENA (1996) señala que la actividad minera es la principal fuente de contaminación del río Rímac en la parte alta, a los que hay que sumar las aguas residuales de las industrias; halló concentraciones de plomo de 1.203 ppm., siendo el límite permisible 0.05 ppm. Sessloin, et al (1997) halló altas concentraciones de algunos metales pesados, sólidos y bacterias superiores a los límites permisibles de la Ley General de Aguas, clase II (uso doméstico), clase 111 (uso para el regadío de vegetales y consumo crudo y bebida de animales) y clase IV (recreaciones), concluye que el río Rímac presenta una mayor concentración bacteriológica que química, debido a las descargas de los asentamientos humanos y de las minas.

DIGESA (1987) halló en las aguas del río Rímac concentraciones de coliformes totales entre  $1.0 \times 10^4$  y  $8.0 \times 10^7$  NMP/100 ml y de coliformes fecales entre  $2.8 \times 10^4$  y  $9.0 \times 10^3$  NMP/100 ml/100 ML.

A fin de comparar los resultados hallados de 1993 con el promedio 1982-93 y otros estudios realizados en el río Rímac, se ha seleccionado los meses de marzo y agosto como representativos del verano e invierno, para la estación de Ricardo Palma. En la estación de verano los valores obtenidos de Plomo (0.350 ppm) y Cadmio (0.3 10 ppm) para marzo 1993 se hallan por encima de los límites permisibles de la clase II de la Ley General de Aguas, al igual que los encontrados por OSASA (1982) para el Plomo (0.210 ppm) y Cadmio (0.030 ppm) y por DITESA (1987) para el Plomo (0.750 ppm) y Cadmio (0.020 ppm). Sin embargo en el mes de agosto se observa diferencias. Las concentraciones obtenidas de plomo (0.020 ppm) y Cadmio (0.010 ppm) en 1993 no se hallaron sobre los límites permisibles, mientras que los valores encontrados por Echagaray et al (1984) para el Plomo (0.075 ppm) sobrepasaron los límites permisibles. En cambio DITESA (1987) halló una concentración de 0.00 ppm de Plomo y Cadmio. OSASA (1982) obtuvo una concentración de 0.2 10 ppm de Plomo y 0.00 ppm de Cadmio, hallándose solo el primero por encima de los límites permisibles. Los promedios de los años 1982-92 de SEDAPAL (1993) para los meses de marzo y agosto fueron para el Cadmio: 0.074 y 0.114 ppm respectivamente y para el Plomo de

0.716 y 0.187 ppm, respectivamente, todos ellos por encima de los límites permisibles de la clase II de la Ley General de Aguas.

Las concentraciones promedios 1982-92 (SEDAPAL 1993) de zinc y cobre para marzo y agosto en la estación de Ricardo Palma fue de 2.229 y 0.776 ppm., por debajo del límite permisible de la Clase 11 de la Ley General de Aguas. En el presente estudio se encontró en marzo de 1993 concentraciones de cobre (3.200 ppm) y zinc (10.500 ppm) por encima de lo permisible, mientras que en agosto se hallaron por debajo de lo permisible. En cambio los resultados para los mismos meses de OSASA (1982), Echegaray et al (1984) y DITESA (1987) tanto para el zinc como para el cobre se encontraron debajo del límite permisible.

Asumiendo una descarga media anual del río Rímac de 32.6 m<sup>3</sup>/s (Comisión Nacional de Recursos Hídricos para propósitos Múltiples, 1990) y la concentración promedio anual en la estación de Centenario del Plomo, Cadmio, Zinc y Cobre de 0.11, 0.08, 4.68 y 0.86 ppm respectivamente, se tiene una carga anual de 113, 82, 4811 y 884 Tm/año, respectivamente, que se vierten al mar, contaminando las aguas costeras y afectando el ecosistema marino.

## **VI.-CONCLUSIONES**

- El promedio anual 1992-93 para el tramo de estudio de Cd, Pb, Zn y Cu fue de 0.08, 0.11, 4.68 y 0.86 ppm., respectivamente hallándose los valores de plomo y cadmio por encima de los límites permisibles de la Ley General de Aguas. El área de mayor contaminación se encontró entre Puente Huáscar y Puente Centenario (1.5 a 15 Km) con valores promedios anuales de 0.14 ppm. de plomo y 0.10 ppm de cadmio, que hace más del 64% de la contaminación del tramo de estudio.
- En la estación de Centenario el 90% de las muestras excederán el límite permisible de plomo y cadmio dado por la Ley General de Aguas.
- El plomo y el Cadmio mostraron variaciones estacionales en el tramo de estudio, observándose una mayor concentración en el verano, proveniente de las aguas arriba del Puente de Ricardo Palma con valores promedios de 0.19 ppm. de cadmio y 0.20 ppm. de plomo, por encima de los límites permisibles.
- La carga anual promedio que se vierten al mar, contaminando las aguas costeras y afectando el ecosistema marina fue de 113, 82, 4811 y 884 ton/año de plomo, cadmio, zinc y cobre, respectivamente.
- Los promedios anuales para el período 1982-93 (SEDAPAL 1993) de plomo y cadmio fueron de 0.37 ppm. y de 0.10 ppm respectivamente, por encima de los niveles permisibles (0.05 y 0.01 ppm, respectivamente), en cambio las concentraciones promedios de zinc y cobre se hallaron por debajo de los niveles permisibles de la Ley General de Aguas.

## VII.-BIBLIOGRAFIA

## ANEXOS

### Imágenes de Contaminación de las aguas del Río Rímac Trazas de Metales



Figura 1

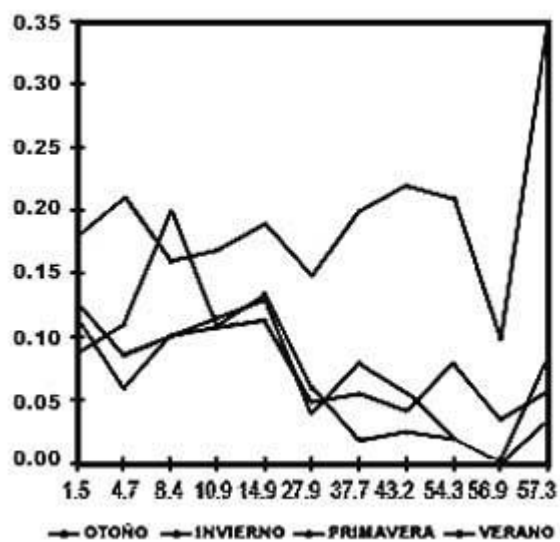


Figura 2. Variación estacional del promedio 1992-1993 de plomo en el tramo de estudio Puente Centenario - Puente Ricardo Palma



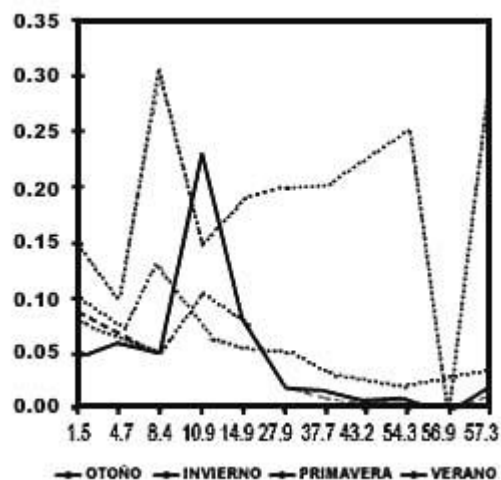


Figura 3 Variación estacional del promedio 1992 - 1993 de cadmio en el tramo de estudio Puente Centenario Puente Ricardo Palma

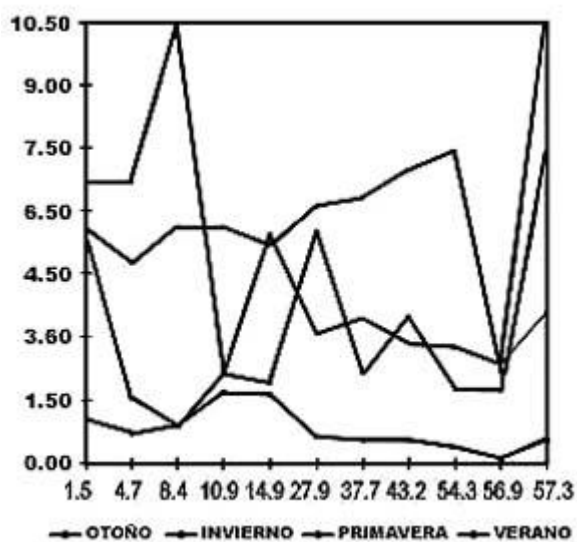


Figura 4. Variación estacional del promedio 1992 - 1993 de zinc en el tramo de estudio Puente Centenario-Puente Ricardo Palma

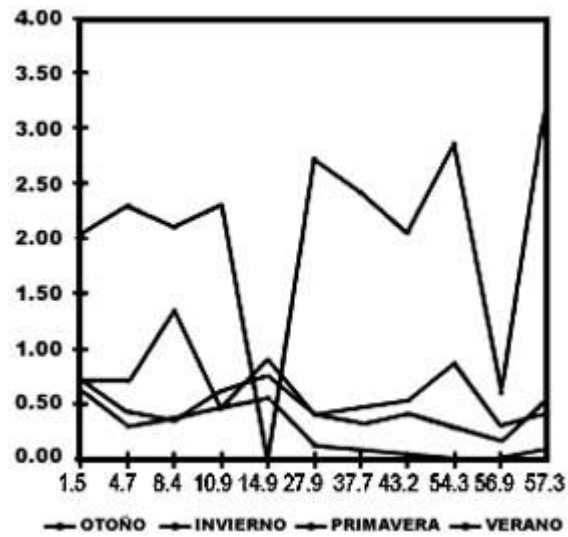


Figura 5. Variación estacional del promedio 1992-1993 de cobre en el tramo de estudio Puente Centenario - Puente Ricardo Palma

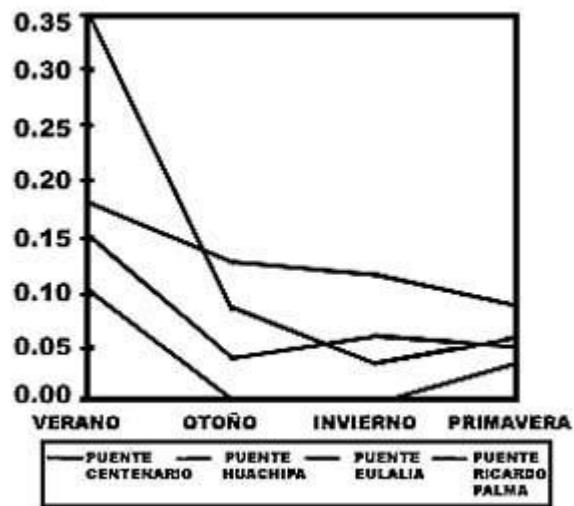


Figura 6. Variación estacional del promedio 1992-1993 de plomo en las estaciones de los Puentes Ricardo Palma, Santa Eulalia, Huachipa y Centenario

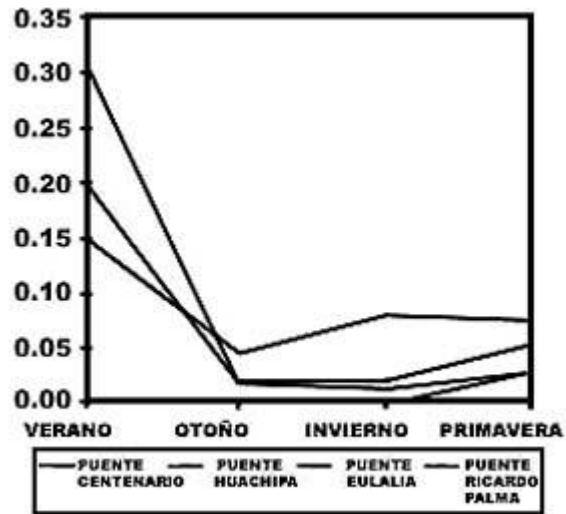


Figura 7. Variación estacional del promedio 1992-1993 de cadmio en las estaciones de los puentes Ricardo Palma, Santa Eulalia, Huachipa y Centenario

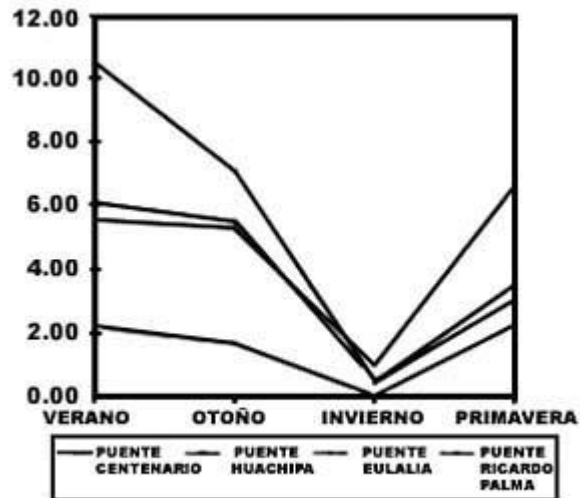


Figura 8. Variación estacional del promedio 1992-1993 de zinc en las estaciones de los Puentes Ricardo Palma, Santa Eulalia, Huachipa y Centenario.

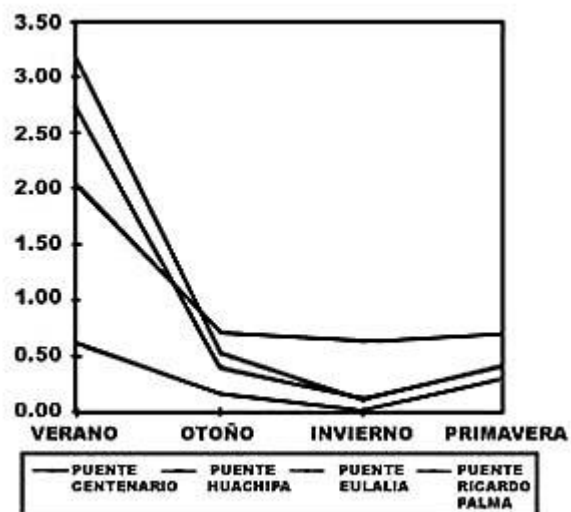


Figura 9. Variación estacional del promedio 1992-1993 de cobre en las estaciones de los puentes Ricardo Palma, Santa Eulalia, Huachipa y Centenario.

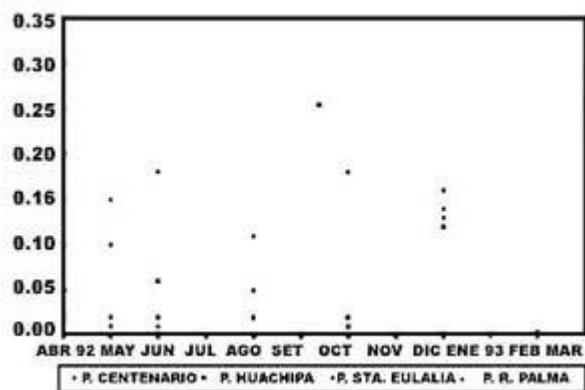


Figura 10. Variaciones mensuales de Plomo

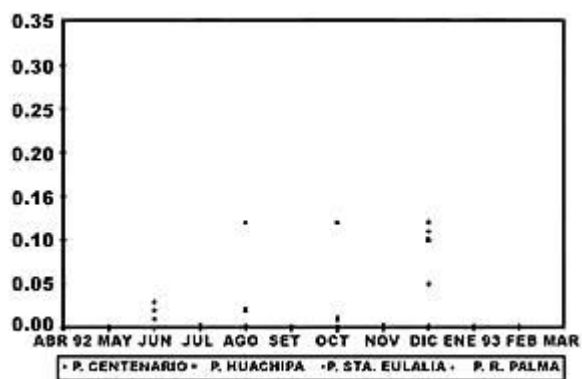


Figura 11. Variaciones mensuales de Cadmio

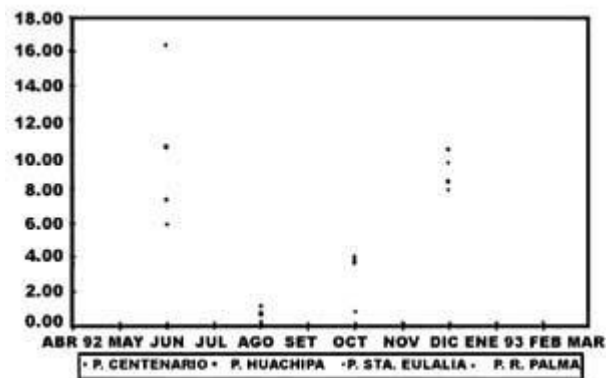


Figura 12. Variaciones mensuales de Zinc

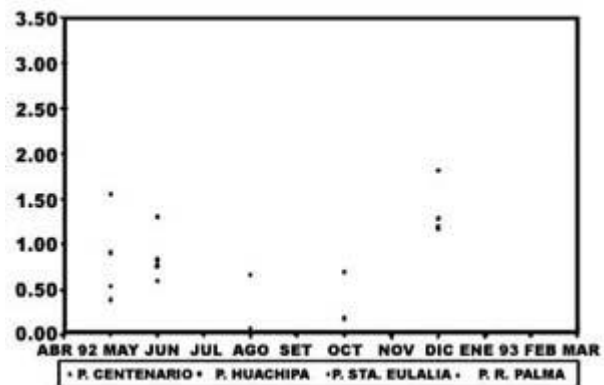


Figura 13. Variaciones mensuales de cobre

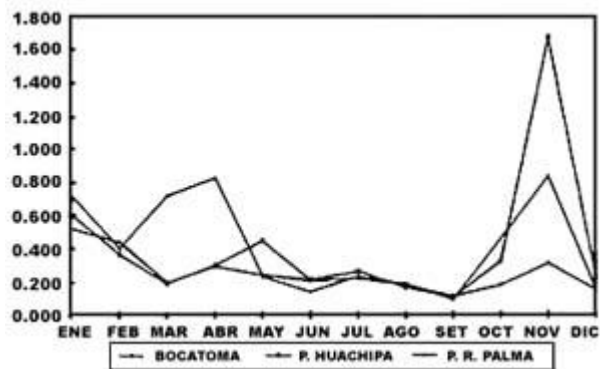


Figura 14. Variaciones mensuales de los promedios de plomo periodo 1982-1993

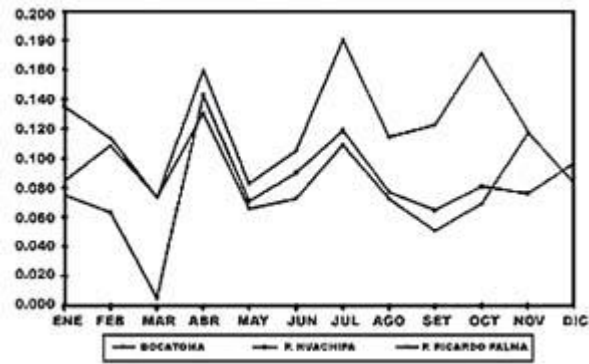


Figura 15. Variaciones mensuales de los promedios de cadmio periodo 1982-1993

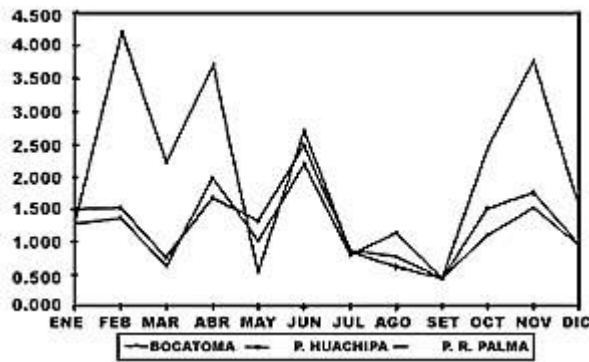


Figura 16. Variaciones mensuales de los promedios de zinc periodo 1982-1993

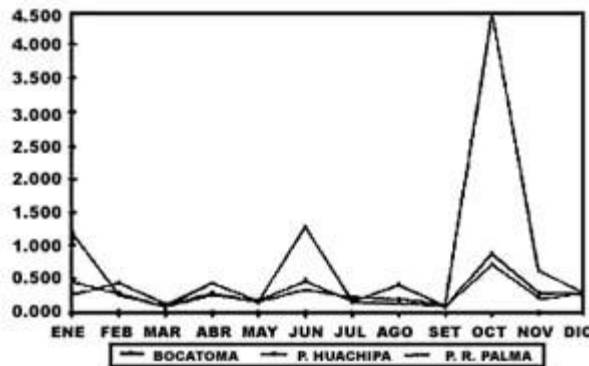


Figura 17. Variaciones mensuales de los promedios de cobre periodo 1982-1993